

玉米的营养价值及组成分析

Corn nutritional value, composition analyzed

作者: A.J. Cowieson

译自: Feedstuffs, June 7, 2010

译者: 王竹伟 刘国芳

对玉米质量进行区域性追溯调查是有益的,这种监测的最终目的是对单胃动物日粮进行实时调整。

根据联合国粮农组织的调查结果,2007年全球前20名玉米生产国共生产约7亿公吨玉米,其中巴西、中国、美国几乎占总量的80%。

种植玉米主要用于生产淀粉,全球生产的工业用淀粉的85%来自玉米(Eckhoff, 2004),同时玉米被广泛应用于动物营养中(Cowieson, 2005)。然而,虽然玉米有丰富且相对高的营养价值,但是几种因素的作用降低了玉米中能量和蛋白价值的协调性。

这些因素包括一些直观参数,比如近似组成成分、抗营养因子的存在、不明因子的影响如收获后的加工过程及遗传因素等。

这篇综述性文献的目的在于:在2009年玉米收获之前总结这些因素,并由AB Vista提交这些最新数据,这些数据将显示这些参数在过去数月分析的650个玉米样本中的差异。

常规成分

表1列出了650个玉米样品的成分数据。以干物质为基础,玉米中平均含有75%的淀粉和8.4%的蛋白质。校正为88%干物质,则相当于约66%的淀粉和7.4%粗蛋白。

表1 2009年美国、巴西和全球收获玉米的组成,表示为干物质的百分比

国家	样本量	淀粉	蛋白	油	粗纤维
美国	367	76.1±1.32	8.41±0.66	3.78±0.11	2.59±0.16
巴西	153	74.9±2.19	9.23±0.70	4.07±0.18	2.67±0.24
泰国	32	74.9±1.55	9.06±0.40	4.21±0.11	2.70±0.23
印度	38	74.6±1.94	9.44±0.64	3.94±0.12	2.92±0.15
全球	650	75.5±1.84	8.77±0.79	3.90±0.21	2.64±0.22

备注:数值是平均数±标准差。

全球数据包含来自美国、泰国、印度、巴西和其他国家如南非、欧盟、中国、巴基斯坦和土耳其的玉米样本。

有趣的是,来自美国的玉米往往有较高的淀粉含量和低于全球平均值的蛋白质含量,这可能与乙醇行业施加于玉米育种的压力有关。正如所料,淀粉和蛋白质呈负相关(图1)。

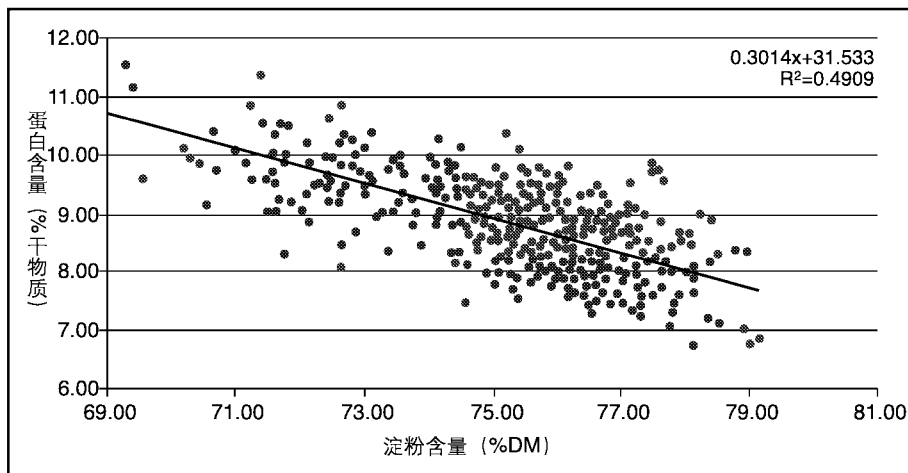


图1 在650个玉米样本中淀粉和蛋白含量的关系

玉米的组分直接影响其消化能值:高油脂高淀粉玉米具有较高的消化能或代谢能 (ME)。不过,玉米组分只是一种衡量营养价值的估计指标,相同成分、不同批次的玉米代谢能可能不同,这还取决于淀粉中蛋白质和脂肪酸的消化率。

因此,除了组分之外,其他三因素也对玉米ME有影响——即抗营养物质如植酸、淀粉和蛋白质溶解度(经常受收获后加工的影响)、玉米的遗传因素(透明性,通常描述为胚乳硬度,如坚硬度或顶陷度)。

透明性

透明性,顾名思义,“玻璃状”,是衡量玉米硬度的一个指标,在相对范围内通过肉眼观察或近红外 (NIR) 分析来评定。

根据谷粒的特点,玉米可分为五类:硬质玉米类、爆米花类、面粉类、顶陷玉米和甜玉米(按硬度从高到低的顺序)

理论上,透明度有一个从0到100%的相对评估标准,硬质玉米的透明度约为65-75%,粉状胚乳为55-65%。透明度和玉米的成分和密度有关,因此,高蛋白质和高纤维的玉米,胚乳更坚硬(图2)。另外,由于紧凑的蛋白质/淀粉基阻碍胰腺淀粉酶的渗透,硬质胚乳通常很难消化。

几个报告均显示(Correa等,2002; Corona等,2006; Moore等,2008; Ngonyamo-Majee等,2008)畜禽很难消化硬玉米(图3)。

尽管胚乳硬度、颗粒大小和营养价值三者之间的相互关系尚不明确,但粉碎后颗粒大小的分布也可能与透明度有关。

Philippeau等(1999)的研究表明,硬质型玉米中大颗粒的比例(约70%比62%)高于白齿型玉米。(这对反刍动物和猪不利,但对家禽而言,有利于肌胃的生长)。

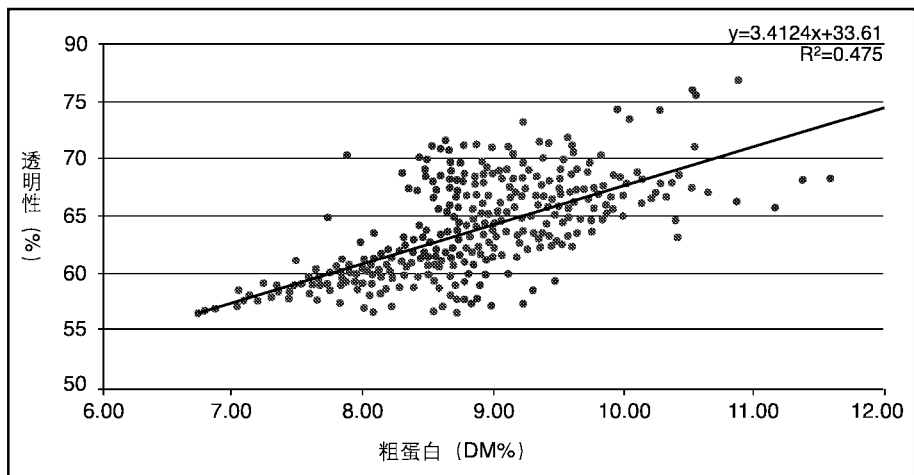


图2 在650个玉米样本中透明性和蛋白含量的关系

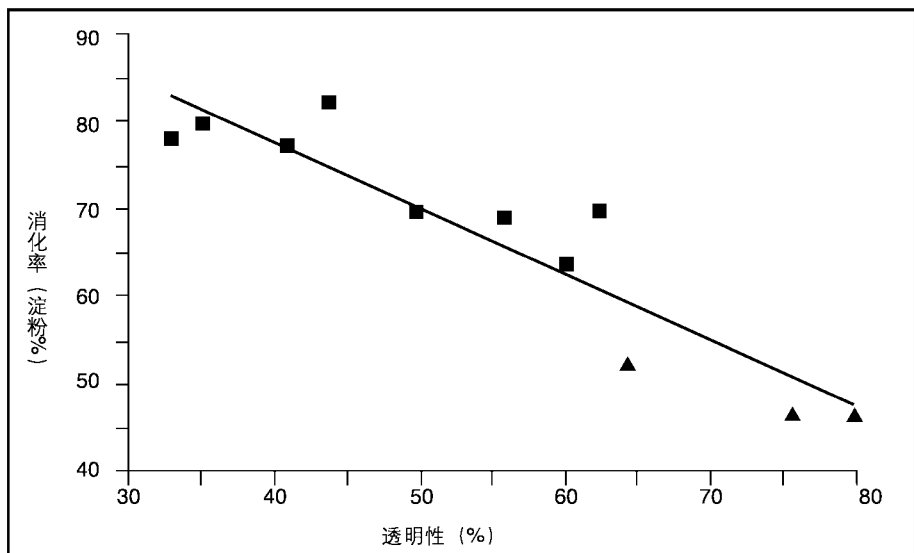


图3 玉米透明性和淀粉消化率的关系 (Correa等, 2002)

Pivotally, Ramos 等 (2009 年) 的结果表明, 相同颗粒大小, 高透明性的淀粉降解性不好, 这说明透明性不受颗粒大小影响, 而与玉米的表观代谢能(AME) 呈负相关。

表2列出了650个玉米样品的平均透明度。有趣的是, 从数据上看, 透明度存在着相当大的地理差异, 美国的玉米偏向粉质, 相比之下, 巴西玉米硬度大。

然而, 虽然玉米透明度确实存在地理差异, 但是在同一国家范围内差异性相对较小。因此, 除非需要进口大量玉米供国内使用, 一般不会立即产生影响, 特别是小国。

表2 2009年美国 and 全球玉米中蛋白的可溶性和透明性

国家	盐易溶性	
	蛋白 (%)	透明性 (%)
美国	39.2±10.9	60.8±2.1
巴西	45.2±8.9	67.7±2.2
泰国	49.8±8.9	66.7±1.7
印度	56.6±5.5	65.3±2.1
全球	42.4±11.3	63.5±3.9

备注：数值为平均数±标准差，样本数同表1。

然而，在其它所有条件相同的情况下，在美国占主导优势的软质玉米比南美占主导地位的硬胚乳玉米有较高的表观消化率。

收获后加工程序

新收获的玉米水分含量高，按照常规会在储藏前进行干燥处理。然而这个程序可能会导致淀粉和蛋白质的破坏，降低它们的溶解性和消化性。

Malumba 等(2008)已经证明了这一关系，干燥使用的温度越高，玉米中蛋白质可溶性越低。

Malumba 等(2009)也证明了玉米经 54°C-130°C 的温度干燥后，达到 13-14% 的普通水分含量，会导致淀粉产量下降 62% 到 43%，而且有趣的是，淀粉含量在 0.7% -1.4% 时，剩余蛋白浓度将有所提升。这无疑揭示了蛋白：淀粉的相互作用会降低彼此的可溶性。

干燥温度高可使淀粉颗粒结构坚固，与淀粉在适中温度下干燥或低水分时收获相比，这是不正常的。

更高的温度还会提高淀粉颗粒的直径：从 60°C 提高 130°C 时，其直径会从 0.77 毫米增加到 1.58 毫米。这种结构变化非常明显，并且大大降低了玉米淀粉的水合作用（水合作用是消化的前提）。

Haros 等(2003 年)以及 Altay 和 Gunasekaran (2006 年) 指出在高温下干燥玉米使蛋白质和淀粉的相互作用加强，这种相互作用降低了两者的可溶性，限制了水分进入淀粉颗粒，因而，提高温度后需要进行糊化。

相应的，这意味着饲料中含有过度干燥过的玉米，也有不可溶的淀粉和蛋白，将给后期加工（如调质和制粒）带来不便。

事实上，之前的许多研究已经表明，干燥对玉米 AME 和消化性有不利影响(Kaczmarek 等, 2007; Metayer 等, 2009; Bhuiyan 等, 2010)。

Bhuiyan 等发现了玉米干燥超过 100°C 时，对玉米分子结构有巨大的破坏作用，而且这与淀粉消化性的显著降低相关。

Kaczmarek 等表明，干燥温度从 80°C 上升到 120°C，肉鸡食用这种玉米豆粕型基础日粮，会引起体增重增加 300 克左右，饲料转化率提高 15 个百分点

左右。

干燥温度和溶解度的关系可运用于盐易溶性蛋白的测定（通过NIR或湿度化学）以及作为一种相关因素应用于玉米ME(和蛋白/赖氨酸可利用性)。

表2中列出了650个玉米样本的蛋白可溶性（用一种称之为Promatest的盐萃取法），依据其在收获后处理引起的可溶性改变，使得两种组成相似的玉米的饲用价值发生分化。这些数据也表明2009年玉米的蛋白盐易溶性存在区域差异，来自美国的玉米样本比巴西的盐易容性更低。

估计玉米的ME值，可采用已知淀粉、蛋白和纤维（根据它们的总能、消化率及其在玉米中的浓度）对ME的贡献进行计算，并利用可溶性和透明性进行校准。表3列出了依据这些参数计算的美国、巴西、泰国和印度的玉米AME估计值。

表3 以组成、胚乳硬度和可溶性为基础预测的2009年650个玉米样本的AME值

国家	-AME (卡/千克)-	
	不考虑透明性	考虑透明性
美国	3,261 ± 75 (3,058-3,474)	3,283 ± 70 (3,080-3,482)
巴西	3,313 ± 70 (3,023-3,460)	3,266 ± 66 (2,926-3,408)
泰国	3,341 ± 65 (3,152-3,425)	3,304 ± 62 (3,156-3,386)
印度	3,360 ± 50 (3,228-3,435)	3,338 ± 60 (3,185-3,431)
全球	3,282 ± 83 (3,023-3,474)	3,279 ± 77 (2,926-3,482)

备注：数值为平均值±标准差，和表1样本数相同。括号里的数值是最小值和最大值。

表面上看，低AME玉米比高AME玉米可能更易与外源性糖酶反应。事实上，这个关系最近已经被确立（图4；Cowieson, 2010），同时，对照日粮

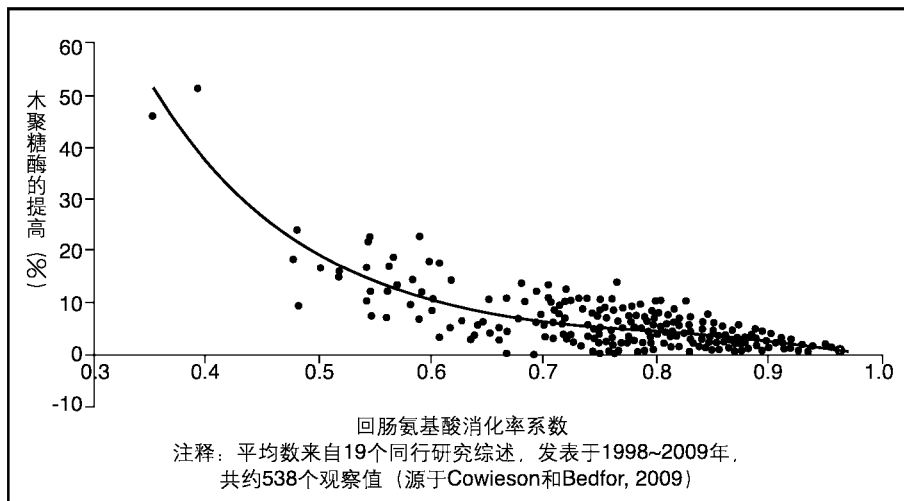


图4 回肠氨基酸消化率系数与对外源性糖酶反应之间的相互关系 (R2=0.65, P<0.001)

中的淀粉、蛋白和脂肪的消化率在最终的酶反应中有很大的影响。

无论如何，玉米 AME 未必与观测到的对外源性糖酶的反应有密切联系。因为玉米 AME 低的原因有很多，包括组成成分（例如，低淀粉或油含量）、抗营养素或真菌毒素的存在或淀粉和蛋白的低消化性/可溶性。

这些因素都可能促使 AME 改变，但玉米对酶的反应不一定受影响，尤其是真菌毒素使得玉米的能值降低的时候。有理由假设在质量平均的基础上，可能由于大量的回肠未消化部分，低 ME 玉米使日粮更易与外源性糖酶反应，从而存在潜在的较大木聚糖能量效应。

通过萃取分析（Cowieson 和 Bedford, 2009 年）和个体机理试验（Kaczmarek 等, 2007 年）已经证实了这些效应。

重要的是，在特定环境下估计酶的作用时，玉米质量不是考虑的唯一因素。能量：赖氨酸比率、脂肪、钠和钙的添加百分率、载畜量、环境温度、初始玉米浓度和类型、蛋白浓度、饲料加工温度和日龄/品种都很重要。

因此，在应用中进行全面分析，并使用多变量模型进行优化，是获得足够变异的唯一途径，以确保糖酶添加是有用的、必要的。

虽然我们不知道玉米质量对于外源性酶反应大小有益，但这只是其一，不应过分注重“反应”玉米而忽略“不反应”玉米。事实上，一个较好的问题不是“我的玉米对外源酶是如何反应的？”，而应该是“玉米的基础能值是多少？”

提出这个问题（特别是采用实时方法如 NIR）将帮助实现适当的配方营养平衡，这是在采用外源性酶进行修饰前的第一步。

结论

玉米收获调研非常有用，特别是数年来玉米质量变化无常，例如：由于收获时气候条件不适宜而推迟收获或进口未知质量的玉米。

无论如何，区域调研是有益的，但是每一个监测的最终目标都是将实时信息用于前期的配方调整。

用于玉米和其它原料的 NIR 校准方法在不断发展，将来可能占有重要地位，随之而来的是，单胃动物日粮更准确的营养平衡将使外源性酶的价值创造更加一致。